

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

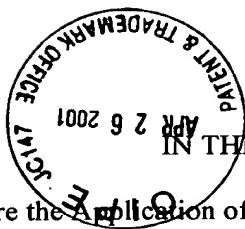
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS
- BLANK PAGES

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Kiyoharu AIZAWA et al.

Group Art Unit: 2612

Application No.: 09/774,646

Filed: February 1, 2001

Docket No.: 106502

For: ARBITRARILY FOCUSED IMAGE SYNTHESIZING APPARATUS AND MULTI-
IMAGE SIMULTANEOUS CAPTURING CAMERA FOR USE THEREIN

CLAIM FOR PRIORITY

Director of the U.S. Patent and Trademark Office
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application 2000-028436 filed on February 4, 2000.

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

 X is filed herewith.

 were filed on in Parent Application No. filed .

 will be filed at a later date.

In addition this application also claims priority from U.S. Provisional Application No. 60/211,087 filed on June 13, 2000.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of these documents.

Respectfully submitted,

James A. Oliff
Registration No. 27,075

Thomas J. Pardini
Registration No. 30,411

JAO:TJP/jag

Date: April 26, 2001

OLIFF & BERRIDGE, PLC
P.O. Box 19928
Alexandria, Virginia 22320
Telephone: (703) 836-6400

<p>DEPOSIT ACCOUNT USE AUTHORIZATION Please grant any extension necessary for entry; Charge any fee due to our Deposit Account No. 15-0461</p>
--



日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

RECEIVED
APR 30 2001
Technology Center 2600

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2 0 0 0 年 2 月 4 日

出 願 番 号
Application Number:

特願 2 0 0 0 - 0 2 8 4 3 6

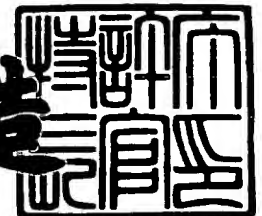
出 願 人
Applicant (s):

相澤 清晴

2 0 0 1 年 1 月 2 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特 2 0 0 1 - 3 0 0 0 6 9 6

RECEIVED
APR 30 2001
Technology Center 2600

【書類名】 特許願

【整理番号】 CA0100P001

【あて先】 特許庁長官殿

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都文京区千石 3-14-5-303

 【氏名】 相澤 清晴

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都北区田端 1-19-8 丸三住宅 202

 【氏名】 久保田 彰

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都新宿区築地町 16 ライオンズマンション神楽坂
第 3-405

 【氏名】 椿 泰範

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都世田谷区上祖師谷 4-24-1-B215

 【氏名】 コニー リアニグナディ

【特許出願人】

 【住所又は居所】 東京都文京区千石 3-14-5-303

 【氏名又は名称】 相澤 清晴

【代理人】

 【識別番号】 100107113

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 大木 健一

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 082590

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 任意焦点画像合成装置及びこれに用いる複数画像同時撮像型カメラ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外部から入力される第 1 のぼけパラメータに基づき第 1 の部分に焦点が合っている第 1 画像を変換する第 1 のフィルタと、外部から入力される第 2 のぼけパラメータに基づき第 2 の部分に焦点が合っている第 2 画像を変換する第 2 のフィルタと、前記第 1 のフィルタの出力及び前記第 2 のフィルタの出力を合成して任意焦点画像を生成する合成部と、前記第 1 画像と前記第 2 画像の輝度が同程度になるように、画像のブロック単位で輝度補正を行い、輝度補正後の画像を前記第 1 のフィルタと前記第 2 のフィルタに供給する輝度補正部とを備える任意焦点画像合成装置。

【請求項 2】 外部から入力される第 1 のぼけパラメータに基づき第 1 の部分に焦点が合っている第 1 画像を変換する第 1 のフィルタと、外部から入力される第 2 のぼけパラメータに基づき第 2 の部分に焦点が合っている第 2 画像を変換する第 2 のフィルタと、前記第 1 のフィルタの出力及び前記第 2 のフィルタの出力を合成して任意焦点画像を生成する合成部と、前記第 1 画像と前記第 2 画像の位置合わせを、画像データを水平及び垂直方向に投影して得られた輝度分布に基づいて行い、位置合わせされた画像を前記第 1 のフィルタと前記第 2 のフィルタに供給する位置合わせ部とを備える任意焦点画像合成装置。

【請求項 3】 外部から入力される第 1 のぼけパラメータに基づき第 1 の部分に焦点が合っている第 1 画像を変換する第 1 のフィルタと、外部から入力される第 2 のぼけパラメータに基づき第 2 の部分に焦点が合っている第 2 画像を変換する第 2 のフィルタと、前記第 2 のフィルタの出力に対して所定の処理を行う特殊効果フィルタと、前記第 1 のフィルタの出力及び前記特殊効果フィルタの出力を合成して任意焦点画像を生成する合成部とを備える任意焦点画像合成装置。

【請求項 4】 前記特殊効果フィルタの入力側及び出力側に、それぞれ画像データの座標を直交座標から極座標に変換する直交座標－極座標変換部と、画像データの座標を極座標から直交座標に戻す極座標－直交座標変換部とを備えるこ

とを特徴とする請求項 3 記載の任意焦点画像合成装置。

【請求項 5】 外部から入力される第 1 乃至第 N のぼけパラメータに基づき第 1 乃至第 N の部分にそれぞれ焦点が合っている第 1 乃至第 N 画像を焦点位置の順に並べ、これら画像のひとつである第 i の画像内の一部分に関して、前記第 i の画像を中心としてその前後の複数の画像において前記部分の焦点が合っているかどうかを判定する判定部と、前記判定部の判定パターンによりどの画像において前記部分の焦点が合っているか比較する比較部と、前記比較部の比較結果により前記第 1 乃至第 N の画像を合成して全焦点画像を生成する合成部とを備える任意焦点画像合成装置。

【請求項 6】 前記判定部は、パラメータを変化させつつ前記第 i の画像に対してフィルタ処理を行うガウシアンフィルタと、前記ガウシアンフィルタの出力と前記前後の複数の画像の差分値を求める差分処理部と、前記差分値が極小になる値を求めることにより前記パラメータを推定する推定部とを備えることを特徴とする請求項 5 記載の任意焦点画像合成装置。

【請求項 7】 撮像素子と、前記撮像素子から信号を受けて画像データに変換する処理部と、前記処理部で処理された画像データを表示する表示部と、画像内の複数の対象を指定してそれぞれ異なる焦点の複数の画像を要求する焦点指定部と、前記焦点指定部の指定により焦点位置を設定する焦点調整機構と、画像データを記憶するメモリとを備え、

前記処理部は、指定された前記複数の対象について順番にそれぞれ焦点を合わせ、それぞれ撮像し、前記メモリに得られた複数の画像データをそれぞれ格納することを特徴とする複数画像同時撮像型カメラ。

【請求項 8】 1 回のシャッター動作で複数の焦点の異なる画像を撮像することを特徴とする請求項 7 記載の複数画像同時撮像型カメラ。

【請求項 9】 外部から入力される第 1 のぼけパラメータに基づき第 1 の部分に焦点が合っている第 1 画像を変換する第 1 のフィルタと、外部から入力される第 2 のぼけパラメータに基づき第 2 の部分に焦点が合っている第 2 画像を変換する第 2 のフィルタと、前記第 1 のフィルタの出力及び前記第 2 のフィルタの出力を合成して任意焦点画像を生成する合成部と、前記第 1 画像と前記第 2 画像の

輝度が同程度になるように、画像のブロック単位で輝度補正を行い、輝度補正後の画像を前記第 1 のフィルタと前記第 2 のフィルタに供給する輝度補正部とを含む任意焦点画像合成装置を備えることを特徴とする請求項 7 記載の複数画像同時撮像型カメラ。

【請求項 1 0】 外部から入力される第 1 のぼけパラメータに基づき第 1 の部分に焦点が合っている第 1 画像を変換する第 1 のフィルタと、外部から入力される第 2 のぼけパラメータに基づき第 2 の部分に焦点が合っている第 2 画像を変換する第 2 のフィルタと、前記第 1 のフィルタの出力及び前記第 2 のフィルタの出力を合成して任意焦点画像を生成する合成部と、前記第 1 画像と前記第 2 画像の位置合わせを、画像データを水平及び垂直方向に投影して得られた輝度分布に基づいて行い、位置合わせされた画像を前記第 1 のフィルタと前記第 2 のフィルタに供給する位置合わせ部とを含む任意焦点画像合成装置を備えることを特徴とする請求項 7 記載の複数画像同時撮像型カメラ。

【請求項 1 1】 外部から入力される第 1 のぼけパラメータに基づき第 1 の部分に焦点が合っている第 1 画像を変換する第 1 のフィルタと、外部から入力される第 2 のぼけパラメータに基づき第 2 の部分に焦点が合っている第 2 画像を変換する第 2 のフィルタと、前記第 2 のフィルタの出力に対して所定の処理を行う特殊効果フィルタと、前記第 1 のフィルタの出力及び前記特殊効果フィルタの出力を合成して任意焦点画像を生成する合成部とを含む任意焦点画像合成装置を備えることを特徴とする請求項 7 記載の複数画像同時撮像型カメラ。

【請求項 1 2】 前記特殊効果フィルタの入力側及び出力側に、それぞれ画像データの座標を直交座標から極座標に変換する直交座標－極座標変換部と、画像データの座標を極座標から直交座標に戻す極座標－直交座標変換部とを備えることを特徴とする請求項 1 1 記載の複数画像同時撮像型カメラ。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

この発明は、複数の画像から、任意に各奥行きのぼけの程度を抑制・強調した画像である任意焦点画像を再構成するための任意焦点画像合成装置及びこれに用

いる複数画像同時撮像型カメラに関する。

【0002】

【従来の技術】

複数の画像から所望の画像を生成する画像処理方法の従来例としては、例えば領域分割に基づく画像処理方法がある。この従来の画像処理方法では、例えば異なる焦点合わせの画像を複数枚用意し、個々の画像において焦点の合っている領域をそれぞれ判定し、この判定結果に基づいて前記複数の画像の領域分割を行い、各領域に対し所定の視覚効果を与える一連の処理を行うことにより、所望の画像の生成を行う。その際、上記一連の処理を、人手を介さずに自動的に実行する場合には、上述した領域判定、領域分割、視覚効果の処理を順次行うための手順を記述した画像処理プログラムを用いるのが一般的である。

【0003】

複数の画像から所望の画像を生成するためには、まず、同一の対象について複数の画像を得る必要がある。従来のカメラを使用して、同一シーンについて異なる焦点合わせにより撮像した複数枚の画像を取得するためには、焦点合わせを変化させて複数回の撮像を行う必要がある。

【0004】

すなわち、従来のカメラ装を使用して異なる焦点合わせの n 種類の画像を撮像する場合には、ズームレンズを手動またはカメラ外部に設けたサーボレンズ制御装置により制御して、まず1番目の奥行きに焦点が合うようにズームレンズの焦点合わせを制御してから1枚目の画像を撮像し、次に、2番目の奥行きに焦点が合うようにズームレンズの焦点合わせを制御してから2枚目の画像を撮像する。以下同様にして n 番目の奥行きに焦点が合うようにズームレンズの焦点合わせを制御してから n 枚目の画像を撮像する。このように、 n 種類の奥行きに対して焦点が合った画像を撮像したい場合には、 n 回の焦点合わせおよび撮像が必要となる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

上記従来の画像処理方法は、「焦点が合っている領域」という判定条件を用い

ているため、撮像対象シーンの中に一様な輝度値を有する領域や奥行き変化のある領域が存在する場合には、それら領域については領域判定の判定精度を十分に確保することができない。このため、上記従来の画像処理方法の適用範囲は、焦点の合った領域を統合することによる画像の鮮鋭化等に限定されてしまい、領域毎に焦点ぼけを任意に調整したり、擬似的な視差を与えて立体画像を生成する等の、より高次の画像処理への拡張は極めて困難である。また、従来の画像処理方法は、任意に各奥行きのぼけの程度を抑制・強調した画像である任意焦点画像を得ることもできない。

【 0 0 0 6 】

本発明に係る課題を解決するためになされたもので、異なる焦点合わせの複数画像から任意に各奥行きのぼけの程度を抑制・強調した画像である任意焦点画像を再構成するための任意焦点画像合成装置を提供することを目的とする。

また、本発明は、異なる焦点合わせの複数画像を同時に撮像可能な複数画像同時撮像型カメラを提供することを目的とする。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

この発明に係る任意焦点画像合成装置は、外部から入力される第1のぼけパラメータに基づき第1の部分に焦点が合っている第1画像を変換する第1のフィルタと、外部から入力される第2のぼけパラメータに基づき第2の部分に焦点が合っている第2画像を変換する第2のフィルタと、前記第1のフィルタの出力及び前記第2のフィルタの出力を合成して任意焦点画像を生成する合成部と、前記第1画像と前記第2画像の輝度が同程度になるように、画像のブロック単位で輝度補正を行い、輝度補正後の画像を前記第1のフィルタと前記第2のフィルタに供給する輝度補正部とを備えるものである。

【 0 0 0 8 】

この発明に係る任意焦点画像合成装置は、外部から入力される第1のぼけパラメータに基づき第1の部分に焦点が合っている第1画像を変換する第1のフィルタと、外部から入力される第2のぼけパラメータに基づき第2の部分に焦点が合っている第2画像を変換する第2のフィルタと、前記第1のフィルタの出力及び

前記第 2 のフィルタの出力を合成して任意焦点画像を生成する合成部と、前記第 1 画像と前記第 2 画像の位置合わせを、画像データを水平及び垂直方向に投影して得られた輝度分布に基づいて行い、位置合わせされた画像を前記第 1 のフィルタと前記第 2 のフィルタに供給する位置合わせ部とを備えるものである。

【 0 0 0 9 】

この発明に係る任意焦点画像合成装置は、外部から入力される第 1 のぼけパラメータに基づき第 1 の部分に焦点が合っている第 1 画像を変換する第 1 のフィルタと、外部から入力される第 2 のぼけパラメータに基づき第 2 の部分に焦点が合っている第 2 画像を変換する第 2 のフィルタと、前記第 2 のフィルタの出力に対して所定の処理を行う特殊効果フィルタと、前記第 1 のフィルタの出力及び前記特殊効果フィルタの出力を合成して任意焦点画像を生成する合成部とを備えるものである。

【 0 0 1 0 】

好ましくは、前記特殊効果フィルタの入力側及び出力側に、それぞれ画像データの座標を直交座標から極座標に変換する直交座標－極座標変換部と、画像データの座標を極座標から直交座標に戻す極座標－直交座標変換部とを備える。

【 0 0 1 1 】

この発明に係る任意焦点画像合成装置は、外部から入力される第 1 乃至第 N のぼけパラメータに基づき第 1 乃至第 N の部分にそれぞれ焦点が合っている第 1 乃至第 N 画像を焦点位置の順に並べ、これら画像のひとつである第 i の画像内の一部分に関して、前記第 i の画像を中心としてその前後の複数の画像において前記部分の焦点が合っているかどうかを判定する判定部と、前記判定部の判定パターンによりどの画像において前記部分の焦点が合っているか比較する比較部と、前記比較部の比較結果により前記第 1 乃至第 N の画像を合成して全焦点画像を生成する合成部とを備えるものである。

【 0 0 1 2 】

好ましくは、前記判定部は、パラメータを変化させつつ前記第 i の画像に対してフィルタ処理を行うガウシアンフィルタと、前記ガウシアンフィルタの出力と前記前後の複数の画像の差分値を求める差分処理部と、前記差分値が極小になる

値を求めることにより前記パラメータを推定する推定部とを備える。

【 0 0 1 3 】

この発明に係る複数画像同時撮像型カメラは、撮像素子と、前記撮像素子から信号を受けて画像データに変換する処理部と、前記処理部で処理された画像データを表示する表示部と、画像内の複数の対象を指定してそれぞれ異なる焦点の複数の画像を要求する焦点指定部と、前記焦点指定部の指定により焦点位置を設定する焦点調整機構と、画像データを記憶するメモリとを備え、前記処理部は、指定された前記複数の対象について順番にそれぞれ焦点を合わせ、それぞれ撮像し、前記メモリに得られた複数の画像データをそれぞれ格納する。

【 0 0 1 4 】

好ましくは、1回のシャッター動作で複数の焦点の異なる画像を撮像する。

【 0 0 1 5 】

好ましくは、外部から入力される第1のぼけパラメータに基づき第1の部分に焦点が合っている第1画像を変換する第1のフィルタと、外部から入力される第2のぼけパラメータに基づき第2の部分に焦点が合っている第2画像を変換する第2のフィルタと、前記第1のフィルタの出力及び前記第2のフィルタの出力を合成して任意焦点画像を生成する合成部と、前記第1画像と前記第2画像の輝度が同程度になるように、画像のブロック単位で輝度補正を行い、輝度補正後の画像を前記第1のフィルタと前記第2のフィルタに供給する輝度補正部とを含む任意焦点画像合成装置を備える。

【 0 0 1 6 】

好ましくは、外部から入力される第1のぼけパラメータに基づき第1の部分に焦点が合っている第1画像を変換する第1のフィルタと、外部から入力される第2のぼけパラメータに基づき第2の部分に焦点が合っている第2画像を変換する第2のフィルタと、前記第1のフィルタの出力及び前記第2のフィルタの出力を合成して任意焦点画像を生成する合成部と、前記第1画像と前記第2画像の位置合わせを、画像データを水平及び垂直方向に投影して得られた輝度分布に基づいて行い、位置合わせされた画像を前記第1のフィルタと前記第2のフィルタに供給する位置合わせ部とを含む任意焦点画像合成装置を備える。

【 0 0 1 7 】

好ましくは、外部から入力される第 1 のぼけパラメータに基づき第 1 の部分に焦点が合っている第 1 画像を変換する第 1 のフィルタと、外部から入力される第 2 のぼけパラメータに基づき第 2 の部分に焦点が合っている第 2 画像を変換する第 2 のフィルタと、前記第 2 のフィルタの出力に対して所定の処理を行う特殊効果フィルタと、前記第 1 のフィルタの出力及び前記特殊効果フィルタの出力を合成して任意焦点画像を生成する合成部とを含む任意焦点画像合成装置を備える。

【 0 0 1 8 】

好ましくは、前記特殊効果フィルタの入力側及び出力側に、それぞれ画像データの座標を直交座標から極座標に変換する直交座標－極座標変換部と、画像データの座標を極座標から直交座標に戻す極座標－直交座標変換部とを備える。

【 0 0 1 9 】

この発明に係る記録媒体は、コンピュータを、前記任意焦点画像合成装置又は複数画像同時撮像型カメラとして機能させるためのプログラムを記録したものである。

【 0 0 2 0 】

媒体には、例えば、フロッピーディスク、ハードディスク、磁気テープ、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD、ROMカートリッジ、バッテリバックアップ付きのRAMメモリカートリッジ、フラッシュメモリカートリッジ、不揮発性RAMカートリッジ等を含む。

【 0 0 2 1 】

また、電話回線等の有線通信媒体、マイクロ波回線等の無線通信媒体等の通信媒体を含む。インターネットもここでいう通信媒体に含まれる。

【 0 0 2 2 】

媒体とは、何等かの物理的手段により情報（主にデジタルデータ、プログラム）が記録されているものであって、コンピュータ、専用プロセッサ等の処理装置に所定の機能を行わせることができるものである。要するに、何等かの手段をもってコンピュータにプログラムをダウンロードし、所定の機能を実行させるものであればよい。

【 0 0 2 3 】

【発明の実施の形態】

発明の実施の形態 1.

本発明の実施の形態では、複数の画像から、近景及び遠景の両方について完全に焦点が合った全焦点画像や、任意に各奥行きのかげの程度を抑制・強調した画像である任意焦点画像を再構成する装置／方法について説明する。

【 0 0 2 4 】

近景合焦画像 g_1 と遠景合焦画像 g_2 から所望の任意焦点画像 f を再構成する方法について簡単に説明する。図 1 はこの発明の実施の形態に係る装置の概略ブロック図を示す。この装置は、近景画像 g_1 と遠景画像 g_2 から全焦点画像と任意焦点画像の両方の画像を再構成することができる。フィルタ 10 a は近景画像 g_1 に対して所定の処理を行い、フィルタ 10 b は遠景画像 g_2 に対して所定の処理を行う。フィルタの詳細については後述する。合成部 11 は、フィルタ 10 a の出力とフィルタ 10 b の出力を合成して再構成画像 f を出力する。フィルタ 10 a、10 b は、それぞれパラメータ R_a 、 R_b を外部から受ける。パラメータ R_a と R_b はそれぞれ所望の画像の近景と遠景のかげ半径である。 $R_a = R_b = 0$ のとき、再構成画像 f は全焦点画像となる。パラメータ R_a 、 R_b を調整することにより、任意焦点画像を再構成することができる。

【 0 0 2 5 】

例えば、全焦点画像を生成する場合、近景用の第 1 フィルタ、遠景用の第 2 のフィルタとも高域通過特性を有する。第 1 画像、第 2 画像に第 1、第 2 のフィルタでバランスよく高域成分を抽出し足し合わせることで、全焦点画像を得ることができる。任意焦点画像においても、フィルタ特性を工夫することで生成が可能である。具体的なフィルタの特性については後述する。

【 0 0 2 6 】

この発明の実施の形態の装置／方法は、焦点画像と任意焦点画像の取得モデルにおいて、一意に目的の画像を再構成するためのフィルタが存在することに基づく。従来の反復復元法では、目的の画像の直流成分が、画像復元の意味でいわゆる悪条件 (ill-condition) となっていた。本発明の実施の形態では、再構成フ

フィルタの直流成分が存在し、全ての周波数成分を再構成できる。

【 0 0 2 7 】

まず、焦点画像の取得と任意焦点画像の再構成のモデルを検討する。

任意焦点画像の再構成方法では、取得画像の対象シーンの奥行きが段差状に変化していると仮定する。以下では、対象シーンが近景と遠景の2層の奥行きをもつ場合について、各焦点画像の取得と任意焦点画像の再構成をモデル化する。

【 0 0 2 8 】

<焦点画像の取得モデル>

焦点画像の取得モデルは画像の重ね合わせを用いておこなう。画像 f_1 を近景領域にのみ焦点の合った輝度値をもち、それ以外の領域、つまり遠景領域では輝度値が0である画像と定義する。逆に、画像 f_2 を遠景領域にのみ焦点の合った輝度値をもち、近景領域では輝度値が0である画像と定義する。近景合焦画像を g_1 、遠景合焦画像を g_2 と表す。また、画像 g_1 の遠景領域のぼけ関数を h_2 、画像 g_2 の近景領域のぼけ関数を h_1 と表す。各焦点画像 g_1 と g_2 の取得モデルを図 D に示すような重ね合わせで表す。すなわち、次式のように表す。

$$g_1 = f_1 + h_2 * f_2$$

$$g_2 = h_1 * f_1 + f_2 \quad (6)$$

ただし、* はたたみ込み演算を示す。

【 0 0 2 9 】

<任意焦点画像の再構成モデル>

任意焦点画像の再構成モデルも同様に、画像の重ね合わせを用いる。所望の任意焦点画像を f と表し、近景と遠景の領域のぼけをそれぞれぼけ関数 h_a と h_b により与える。したがって、図 2 に示すように、任意焦点画像 f の再構成モデルを次式のように表す。

$$f = h_a * f_1 + h_b * f_2 \quad (7)$$

ぼけ関数 h_a 、 h_b はユーザが任意に指定する。

ぼけ関数は次式に示すガウス関数を用いる。

【 0 0 3 0 】

【数 1】

$$h_i(x, y) = \frac{1}{\pi R_i^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{R_i^2}\right) \quad (8)$$

【0 0 3 1】

R_i ($i=1, 2, a, b$) は、ぼけ半径を表し、ガウス関数の標準偏差の $\sqrt{2}$ 倍に相当する。 $R_a = R_b = 0$ とすれば、 $h_a = h_b = \delta$ (デルタ関数) となるので、式 (7) は全焦点画像の再構成モデルとなる。

【0 0 3 2】

次に、フィルタによる再構成方法について説明する。

フィルタを用いて、焦点画像 g_1 と g_2 から所望の任意焦点画像 f を再構成することができる。シミュレーションによれば本方法が従来の反復復元法に比べて高精度かつ高速であることがわかった。以下、この方法について述べる。

【0 0 3 3】

<再構成フィルタの導出>

再構成フィルタを式 (7) の g_1 と g_2 の取得モデルと式 (7) の f の再構成モデルから導出する。

はじめに、各モデルを周波数領域に変換する。 G_1 と G_2 の取得モデルは次式のように、行列で表現できる。

$$G = HF \quad (17)$$

ただし、各行列は

【0 0 3 4】

【数 2】

$$G = \begin{pmatrix} G_1 \\ G_2 \end{pmatrix}, H = \begin{pmatrix} 1 & H_2 \\ H_1 & 1 \end{pmatrix}, F = \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \end{pmatrix}$$

【0 0 3 5】

である。 F の再構成モデルは次式のようにになる。

$$F = H_a F_1 + H_b F_2 \quad (18)$$

【0036】

次に、式 (17) と式 (18) から F を求める。行列式 $|H|$ の値によって次の場合分けをする。なお、 $|H| = 1 - H_1 H_2$ であり、 $|H|$ は、画像 f 、 g 、ぼけ関数 h としたとき、 $g = h * f$ であり、この両辺をフーリエ変換した $G = HF$ の H に等しい。

【0037】

(i) $|H| \neq 0$ の場合

$1 - H_1 H_2 \neq 0$ の場合、すなわち、直流以外の周波数では、逆行列 H^{-1} が存在する。よって、行列 F は以下のように求まる。

【0038】

【数3】

$$\begin{aligned} F &= H^{-1} G \\ &= \frac{1}{1 - H_1 H_2} \begin{pmatrix} G_1 - H_2 G_2 \\ -H_1 G_1 + G_2 \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (19)$$

【0039】

F を式 (18) に代入し、整理すると、

【0040】

【数4】

$$F = \frac{H_a - H_b H_1}{1 - H_1 H_2} G_1 + \frac{H_b - H_a H_2}{1 - H_1 H_2} G_2 \quad (20)$$

が求まる。

【0041】

(ii) $|H| = 0$ の場合

直流では $(1 - H_1 H_2) = 0$ であるから、逆行列 H^{-1} が存在しない。よって、行列 F を求めることができない。しかし、式 (20) における、 G_1 と G_2 の係数の分子も $H_a - H_b H_1 = 0$ 、 $H_b - H_a H_2 = 0$ となる。そこで、これらの係数の直流への極限

値をロピタルの定理を用いて解くと

【0042】

【数5】

$$\lim_{\xi, \eta \rightarrow 0} \frac{H_a - H_b H_1}{1 - H_1 H_2} = \frac{R_1^2 + R_b^2 - R_a^2}{R_1^2 + R_2^2} \quad (21)$$

$$\lim_{\xi, \eta \rightarrow 0} \frac{H_b - H_a H_2}{1 - H_1 H_2} = \frac{R_2^2 + R_a^2 - R_b^2}{R_1^2 + R_2^2} \quad (22)$$

【0043】

が存在する。

したがって、(i) と (ii) により、

【0044】

【数6】

$$K_a(\xi, \eta) = \begin{cases} \frac{R_1^2 + R_b^2 - R_a^2}{R_1^2 + R_2^2}, & \xi = \eta = 0 \\ \frac{H_a - H_b H_1}{1 - H_1 H_2}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (23)$$

$$K_b(\xi, \eta) = \begin{cases} \frac{R_2^2 + R_a^2 - R_b^2}{R_1^2 + R_2^2}, & \xi = \eta = 0 \\ \frac{H_b - H_a H_2}{1 - H_1 H_2}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (24)$$

【0045】

で表されるフィルタK aとK bによって、Fは次式のように再構成できることがわかる。

$$F_{ab} = K_a G_1 + K_b G_2 \quad (25)$$

【0046】

図1に示すように、焦点画像g 1とg 2をそれぞれフィルタK aとK bに通した後、加算することで任意焦点画像fを得ることができる。R aをR bを変えることで、近景と遠景のぼけをそれぞれ任意に設定できる。公知の反復復元法にお

いては直流成分が悪条件となったが、フィルタ法を用いれば適切問題として解けることを示している。すなわち、本方法により f が一意に存在し、決定できることが示された。

【0047】

＜再構成フィルタの特性＞

再構成フィルタ K_a と K_b の周波数特性の例を図3に示す。まず、2枚の画像において、遠景に焦点の合っている画像 (g_2) では、近景のぼけ半径 $R_1 = 3$ 、近景に焦点の合っている画像 (g_1) では遠景のぼけ半径 $R_2 = 2$ とした。このとき、任意焦点画像として、 $R_a = 0$ とし、 R_b を0から4まで変化させた場合のフィルタ K_a 、 K_b の特性を図3に示している。これは近景領域に焦点を合わせたまま、遠景領域のぼけの程度を大きく変化させる処理を意味する。

【0048】

$R_a = 0$ としているので、 $R_b = 0$ の場合は、全焦点画像を再構成するフィルタの特性を示している。両フィルタともに高域通過フィルタのような特性を示している。つまり、それぞれの焦点画像の高周波成分を統合して全焦点画像を再構成していることがわかる。 $R_b = 2$ の場合、 K_a は全域通過、 K_b は全域遮断の特性となる。この理由は、再構成される任意焦点画像 f は焦点画像 g_1 と同一であるからである。 $R_b > 2$ の場合、 K_a は高域通過のまま、低域強調の特性を示す。 K_b は高域遮断のまま、低域を負に強調した特性を示す。焦点画像で強調された低域成分を引くことによって遠景領域のぼけを強調することがわかる。

【0049】

シミュレーション結果によれば、フィルタ法を用いることにより、反復法に比べて、精度と計算時間ともに向上していることがわかった。反復法では空間領域でのぼけ関数の畳み込み演算に多くの時間を要する。また、ぼけ関数の畳み込みの回数が増えるごとに、誤差が大きく伝搬する可能性もある。本フィルタ法では、フィルタを用いることにより直接所望の画像を1回の処理で高精度に再構成できる。

【0050】

発明の実施の形態2.

2枚の焦点画像をフィルタ処理することにより任意焦点画像を再構成して生成する上述の手法において、利用する複数の画像間に平均的な輝度レベルの差があると良好な画像を再構成できない場合がある。デジタルカメラ等の撮像装置は、明るさを自動的に調整する機能（AGC）をもつので、近景画像の輝度と遠景画像の輝度とは必ずしも一致しない。そのため、以下のような輝度補正を行うことが望ましい。

【0051】

近景合焦画像 g_1 と遠景合焦画像 g_2 から所望の任意焦点画像 f を再構成する場合、以下のコスト関数を最小とするパラメータ A と B を最小自乗法を用いて推定する。この際、両画像間のぼけ量の差を考慮して階層化した画像間で以下のコスト関数を評価することが望ましい。ここに、 $g_1(k)$ と $g_2(k)$ はそれぞれガウシアンピラミッドの第 k 層の画像を表す（詳細は後述する）。ただし、第0層を原画像とする。

【0052】

【数7】

$$J = \sum_{i,j} |g_1^{(k)}(i,j) - (Ag_2^{(k)}(i,j) + B)|^2$$

【0053】

シミュレーション結果によれば、本方法によりパラメータ A, B を高精度に推定できた。補正前の画像 g_2 を用いて生成した画像では、画面全体で輝度値が低下し、遠景領域でエッジが強調されるアーティファクトが確認された。これに対して、補正後の画像を用いて生成した画像は良好に生成できた。観測画像におけるぼけ量よりも大きなぼけを与える任意焦点画像の生成では、生成のためのフィルタ K_a と K_b の低域成分がそれぞれ正負に大きくなる。このため、平均的な輝度値の差が生成画像にこのようなアーティファクトを生じさせると考えることができる。したがって、輝度補正を行うことにより、ぼけを強調した生成画像にエッジ強調と輝度の低下のアーティファクトが生じるという問題を回避することができる。

【 0 0 5 4 】

画面の中央と端部とで焦点を変えて撮影したときには、画面内に輝度変動が生じる。この場合、画面を各ブロックに分割してそれぞれのブロック毎に適切な補正パラメータを求める必要がある。この場合、上記の処理をブロック毎に行うことになる。また、ブロック間での補正のばらつきを減らすためには、図 4 のようにブロック毎の補正パラメータは各々のブロックの中心画素に対して用い、それ以外の画素は双一次補間された補正パラメータを用いる。

また、補正パラメータの推定精度を安定させるために、評価量として次式を用いることもある。

$$[\sum g1(i, j) - A \cdot \sum g2(i, j)]^2$$

ただし、 $(i, j) \in B$ (ブロック B 内の要素について総和を求める)

この場合、いわばブロック内の平均輝度値の比 (A) により補正を行うことになる。

【 0 0 5 5 】

多数枚の画像を合成するときは、ブロック単位で輝度補正を行っても良い。例えば、N枚の画像を合成する場合、図 4 のように、N枚の撮像画像をそれぞれ正方形ブロックに分割する。k+1枚目の画像をk枚目に合わせるよう順次補正を行うものとする (k=1, 2, ..., N-1)。ブロック毎に画像間の平均輝度値の比を求め、そのブロックの中心画素の補正パラメータとする。中心画素以外に対しては双一次内挿により求める。最後に補正パラメータを画素の輝度値に乗じることによって輝度補正を行う。なお、どちらかの画像でブロック内に輝度飽和が生じている領域の割合が、ある大きさ以上の場合、そのブロックの中心画素の補正パラメータは周囲のブロックのものの平均値として補間する。

【 0 0 5 6 】

発明の実施の形態 3.

複数の焦点画像を再構成処理に用いるには、これらの画像間の位置合わせ (レジストレーション) が必要となる。複数枚の焦点画像を撮像する場合、互いに正確に撮像位置が一致した画像を得ることは困難であり、撮像画像間では位置ずれが生じることが考えられる。また、焦点合わせの違いによる倍率変化も生じる。

位置合わせの精度が悪ければ、再構成画像にぶれが生じるだけでなく、再構成に必要なぼけパラメータの推定の精度に影響を与える。その結果、再構成画像の精度の低下も招く。したがって、位置合わせは高精度な画像再構成・生成を行なうために必要な前処理である。

【 0 0 5 7 】

＜複数の焦点画像間の位置合わせ（その 1：階層的マッチング方法）＞

近景合焦画像 g_1 と遠景合焦画像 g_2 から所望の任意焦点画像 f を再構成するためには、まず、各焦点画像間で位置合わせを行う必要がある。以下、複数の焦点画像間の位置合わせの方法について説明する。

【 0 0 5 8 】

近景に焦点の合った画像 I_n と、遠景に焦点の合った画像 I_f が得られたとする。画像 I_n は例えば花壇の前に立つ人物の画像であり、画像 I_f は例えば背景の花壇の画像である。 I_n を基準として I_f の回転、伸縮、並進（順に、 θ ， s ，ベクトル $t = (u, v)$ と表す）の差違を推定する。この場合、伸縮は焦点距離の関係から拡大のみを考慮すればよい。本方法ではこの問題に対して、階層化マッチング法に回転と伸縮のパラメータを組み入れて疎密に各パラメータを探索する。 I_n と I_f は互いに合焦領域と非合焦領域が異なるために直接マッチングを行うと誤差が生じる可能性が大きい。階層化マッチング法を用いれば、画像の階層化によって、両画像間のぼけの差を低減してマッチングを行うことができる。その結果、ぼけの差に対してロバストな位置合わせを行うことができると考えられる。

【 0 0 5 9 】

本方法の処理の流れは、（1）画像の階層化、（2）各層でのパラメータの推定となる。はじめに、両画像を階層化し、最も解像度の低い最上層においてパラメータを広い探索範囲で求める。以下、順次上層で推定されたパラメータの周辺のみ探索範囲を限定しながらマッチングを最下層に至るまで行い、最終的に原画像間でのパラメータを求める。以下では処理の流れに沿って具体的に方法を述べる。

【 0 0 6 0 】

（1）画像の階層化

両画像の階層化は、ガウシアンピラミッドを形成することでおこなう。ガウシアンピラミッドは次のようにして形成される。原画像を第0層とし、最も解像度の低い最上層を第L層として、第 $k(=0,1,\dots,L)$ 層の焦点画像を $I_n(k)$ 及び $I_f(k)$ と表す。次式により各層の画像が順次形成される。

【 0 0 6 1 】

【数 8】

$$I_n^{(k)} = \left[I_n^{(k-1)} * w \right]_{\downarrow 2}, \quad I_n^{(0)} = I_n \quad (1)$$

$$I_f^{(k)} = \left[I_f^{(k-1)} * w \right]_{\downarrow 2}, \quad I_f^{(0)} = I_f \quad (2)$$

$$w = \begin{pmatrix} 1 & 5 & 8 & 5 & 1 \\ 5 & 25 & 40 & 25 & 5 \\ 8 & 40 & 64 & 40 & 8 \\ 5 & 25 & 40 & 25 & 5 \\ 1 & 5 & 8 & 5 & 1 \end{pmatrix} \frac{1}{400} \quad (3)$$

【 0 0 6 2 】

ここで、 w は標準偏差が1である2次元ガウス関数を近似したものである。 $[\cdot]$
 $\downarrow 2$ はダウンサンプリングを表す。第 k 層の画像は1つ下の第 $k-1$ 層の画像をガウシアンフィルタに通し、ダウンサンプリングすることによって得られる。ガウシアンフィルタは低域通過フィルタの働きをするので、上層ではより両画像間のぼけの程度の差が低減される。

【 0 0 6 3 】

(2) 各層におけるパラメータの推定

本方法では画像 $I_f(x, y)$ に回転、伸縮、並進を施した画像 $I_f(x', y')$ と $I_n(x, y)$ との平均自乗誤差(MSE)を最小にする各パラメータを求める。第 k 層における各パラメータを $\theta(k)$, $s(k)$, $u(k)$, $v(k)$ とすれば、第 k 層において最小にすべき評価関数 $J(k)$ は

【 0 0 6 4 】

【数 9】

$$J^{(k)}(\theta^{(k)}, s^{(k)}, u^{(k)}, v^{(k)}) = \frac{1}{N_B^{(k)}} \cdot \sum_{(x,y) \in B^{(k)}} \left| I_n^{(k)}(x, y) - I_f^{(k)}(x', y') \right|^2 \quad (4)$$

【0065】

と表すことができる。ここに、

【0066】

【数 10】

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = s^{(k)} \begin{pmatrix} \cos \theta^{(k)} & -\sin \theta^{(k)} \\ \sin \theta^{(k)} & \cos \theta^{(k)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} u^{(k)} \\ v^{(k)} \end{pmatrix} \quad (5)$$

【0067】

である。ただし、 $B(k)$ は $I_n(k)(x, y)$ と $I_f(k)(x', y')$ の重複領域、 $N_B(k)$ はその画素数である。

各パラメータの探索点は階層によって次のように設定する。

【0068】

【数 11】

(i) $k = L$ の場合

$$\begin{aligned} \theta^{(L)} &= i \cdot 2^L \Delta \theta, & (-\theta_{max} \leq \theta^{(L)} \leq \theta_{max}) \\ s^{(L)} &= j \cdot 2^L \Delta s, & (1 \leq s^{(L)} \leq s_{max}) \\ u^{(L)} &= m \cdot \Delta u, & (-u_{max} \leq u^{(L)} \leq u_{max}) \\ v^{(L)} &= n \cdot \Delta v, & (-v_{max} \leq v^{(L)} \leq v_{max}) \end{aligned}$$

(ii) $k < L$ の場合

$$\begin{aligned} \theta^{(k)} &= \hat{\theta}^{(k+1)} + i \cdot 2^k \Delta \theta, & (-2 \leq i \leq 2) \\ s^{(k)} &= \hat{s}^{(k+1)} + j \cdot 2^k \Delta s, & (-2 \leq j \leq 2) \\ u^{(k)} &= 2\hat{u}^{(k+1)} + m \cdot \Delta u, & (-2 \leq m \leq 2) \\ v^{(k)} &= 2\hat{v}^{(k+1)} + n \cdot \Delta v, & (-2 \leq n \leq 2) \end{aligned}$$

【0069】

ただし、 i 、 j 、 m 、 n は整数、 $\Delta \theta$ 、 Δs 、 Δu 、 Δv は原画像間における探索間隔、つまり各パラメータの推定精度である。ハット θ ($k+1$)、ハット s ($k+1$)、ハット u ($k+1$)、ハット v ($k+1$)は上層の第 $k+1$ 層で推定された各パラメータを表す。 θ_{\max} 、 s_{\max} 、 u_{\max} 、 v_{\max} は最上層において探索範囲を限定する値で、あらかじめ設定する。ただし、 u_{\max} と v_{\max} の値はそれぞれ最上層の画像各辺のサイズの半分とする。各層において並進のパラメータの探索間隔 Δu と Δv が一定であるのは、第 k 層での並進量は第 $k+1$ 層でのその2倍に相当するからである。

【0070】

本方法における推定のながれを図5に示す。各層では、画像 $I_n(k)$ (x 、 y)と回転、伸縮、並進の変換を行なった画像 $I_f(k)$ (x' 、 y')とのMSEを最小にする各パラメータを求める。最も解像度の低い最上層 ($k=L$) においては、あらかじめ設定した探索範囲内で、各パラメータを広い間隔で粗く推定を行なう。探索間隔は最下層におけるその 2^L 倍に相当する。最上層以外の層では、順次上層で推定されたパラメータの周囲5点のみに探索範囲を限定しながら推定精度を2倍にして探索を行なう。この探索を最下層に至るまで行い、最終的に各パラメータを推定する。

【0071】

最後に、推定した各パラメータ、回転伸縮、並進を施した画像 $I_f(x', y')$ と $I_n(x, y)$ との共通領域を切り取りそれぞれの補正画像を得る。対象シーンが3層以上の場合でも最も近景の焦点画像を基準として、他の画像の位置合わせを行ない、共通領域を抽出すれば補正を行なうことができる。

【0072】

シミュレーションによれば、各伸縮においてぼけ半径が小さければすべての場合で正しい推定が行なわれた。ぼけ半径が大きい場合においても誤差は最大2 [pixels] までに抑えられ、良好な結果が得られた。誤差が3 [pixels] 以上生じることはなかった。

【0073】

発明の実施の形態4.

＜複数の焦点画像間の位置合わせ（その２：輝度投影）＞

上記発明の実施の形態３の階層化マッチング方法は精度の点で問題はないが、処理に複雑であり時間がかかるという問題があった。そこで、簡単かつ高速処理が可能な輝度投影方法を提案する。

【 0 0 7 4 】

この方法は、近景画像 I_n を基準としたときの遠景画像 I_f の伸縮、並進（ s ，ベクトル $t = (u, v)$ ）の差違を推定することができる。図６に輝度投影法による複数の焦点画像間の位置合わせ装置のブロック図を示す。図７にその動作説明図を示す。各行・各列の平均輝度値計算部２０ａ，２０ｂは、それぞれ入力画像 I_n と I_f の各行および各列の平均輝度値を計算する。輝度投影分布作成部２１ａ，２１ｂは、それぞれ I_n 、 I_f の輝度投影分布を作成する。各行の平均輝度値の分布を垂直分布、各列の平均輝度値の分布を水平分布とする。これらの処理により、図７（ａ）（ｂ）のような I_n 、 I_f の輝度分布が得られる。なお、図７（ｂ）の点線の円は、図７（ａ）の円と同じ大きさの円を示す。この様に、各画像は水平分布と垂直分布という２つの１次元分布の組み合わせとして表される。比較部２２は、 I_n を基準としてこれら２つの分布を比較し、比較結果に基づき、拡大・並進推定部２３は I_f の拡大と並進（順に、 s 、 $t = (u, v)$ ）の差異を推定する。例えば、被写体が円形をしている場合、図７（ａ）の近景画像 I_n の輝度投影は、その水平分布の中心 c 、直径 a 、その垂直分布の中心 d 、直径 b であるとする。図７（ｂ）の遠景画像 I_f の輝度投影は、その水平分布の中心 c' 、直径 a' 、その垂直分布の中心 d' 、直径 b' であるとする。拡大 s は、 a'/a 及び b'/b から推定できる。並進 t のうち水平成分 u は $c' - c$ から推定でき、垂直成分 v は $d' - d$ から推定できる。

【 0 0 7 5 】

輝度投影方法は、階層化マッチング方法に比べて計算量が著しく少なくなり非常に速くなる。シミュレーション結果によると、処理時間が約 $1/200$ になった。その代わり若干精度が落ちるが、それでも誤差は１pixel程度までの変化に抑えられ、良好な結果が得られる。

【 0 0 7 6 】

発明の実施の形態 5.

全焦点画像を得るための装置の構成は図 1 に示されている。この構成は最も基本的なものである。この構成にさらにフィルタを追加することにより、全焦点画像に特殊な効果を施すことができる。

【 0 0 7 7 】

図 8 (a) は、その一例を示す。フィルタ 1 0 a, 1 0 b は焦点処理のためのフィルタであり、フィルタ 1 2 は別の特殊処理のためのフィルタである。遠景画像 g 2 側にフィルタ 1 2 が設けられている。このフィルタは任意のフィルタであるが、その一例を挙げると横（あるいは縦）方向に画素データを足し合わせるものが考えられる。横（あるいは縦）方向にデータ $d_0, d_1, d_2, d_3, d_4, \dots$ があるとき、 $d_2 = (d_2 + d_1 + d_0) / 3$ 、 $d_3 = (d_3 + d_2 + d_1) / 3$ 、 \dots である。縦（あるいは横）方向のデータはそのままである。このフィルタを用いると、遠景画像 g 2 は横方向に流れるような画像に変換され、この変換された画像が近景画像 g 1 と合成される。合成された画像は、いわば「流し撮り」のような画像である。

【 0 0 7 8 】

また、図 8 (b) のように、フィルタの前後に直交座標－極座標変換部 1 3、極座標－直交座標変換部 1 4 を備えても良い。この構成によれば、遠景画像 g 2 が放射状に流れるような画像に変換され、これが近景画像 g 1 に合成される。すなわち、極座標の原点を近景画像の中心に一致させれば、合成画像は近景画像（例えば人物）を中心に流れるような背景をもつ画像である。上記フィルタは、対数変換のように非線形幾何変換処理を行うものであってもよい。例えば、上記フィルタは、中心付近（ $r = 0$ ）において加算処理する範囲が小さく、中心から離れるほど加算処理する範囲が大きくなるものであってもよい。このフィルタによれば、近景画像から離れるにしたがって画像は大きく流れ、スピード感ある画像になる。

【 0 0 7 9 】

なお、以上の説明において、遠景画像 g 2 に対してフィルタをかけているが、本発明はこれに限るものではない。近景画像 g 1 と遠景画像 g 2 の両方にフィルタをかけてもよいし、近景画像 g 1 に対してのみフィルタをかけてもよい。

【 0 0 8 0 】

発明の実施の形態 6.

近景画像 g 1 と遠景画像 g 2 を得るには、通常のデジタルカメラを用いて焦点を違えて撮影すればよい。しかし、通常のやり方ではカメラの位置や向きが変わったりして近景画像 g 1 と遠景画像 g 2 がずれることが多い。わずかなずれであれば前述のレジストレーションにより補正できるが、大きくずれていると完全な補正には時間を要する。したがって、簡単な操作でずれが少ない 2 枚の画像を得ることができる装置が望まれる。

【 0 0 8 1 】

この種の装置のブロック図を、図 9 に示す。レンズ 3 0 を通った光は CCD 3 1 に入射され、処理部で画像データに変換される。画像はビューワ 3 3 に表示され利用者が見ることができる。ビューワ 3 3 に表示される画像は、図 1 0 のように所定の領域に分割されている。図 1 0 の例では、合計 9 つの領域に分割されている。利用者はビューワ 3 3 の画像を見ながら焦点指定部 3 4 を操作し、焦点を合わせるべき領域を少なくとも 2 つ指定する。例えば、近景画像 g 1 を得るために、被写体 T が写っている真中の領域 (2 , 2) に焦点を指定し、遠景画像 g 2 を得るために、左上の領域 (1 , 1) に焦点を指定する。焦点指定部 3 4 からの信号を受けて、処理部 3 2 は焦点調整機構 3 6 を駆動する。焦点調整機構 3 6 は指定された領域に焦点を合わせて撮像する。撮像した画像のデータはメモリ 3 5 に蓄えられる。次に、焦点調整機構 3 6 は次の指定された領域に焦点を合わせて撮像し、画像データをメモリ 3 5 に蓄える。

【 0 0 8 2 】

また、図 1 1 のような処理も可能である。高速に焦点を動かし、1 度のシャッターで複数画像を取得する。焦点指定のとき、焦点合わせに必要なデータを設定し記憶しておくことにより、高速な焦点合わせが可能になる。

【 0 0 8 3 】

この発明の実施の形態 6 の装置により、簡単な操作で近景画像 g 1 と遠景画像 g 2 をほぼ同時に撮影できる。したがって、回転、大きさ、位置に関してずれの少ない 2 つの近景画像 g 1 と遠景画像 g 2 を得ることができる。なお、指定する

領域は2つに限らない。3つ以上を指定すれば3枚の近景画像と遠景画像が得られる。

【0084】

発明の実施の形態7.

＜多数の画像に基づく全焦点画像の生成と3次元構造の取得＞

上記説明において、近景と遠景の2枚の画像を用いて全焦点画像を生成したが、これに限らず3枚以上の画像を用いても全焦点画像を生成することができる。例えば、微小に焦点をずらしながら撮像した多数枚の昆虫顕微鏡画像に基づいて全焦点画像を生成できる。通常の顕微鏡画像の鮮鋭化処理では、輝度レベルの変動フィルタによる高域成分を利用して合焦判定が行われている。本発明の実施の形態では、ぼかした画像を生成し連続的に比較することで合焦領域の判定を行う。また、合焦位置に基づいて各 k 画像に奥行き情報を付与することにより対象の3次元構造を取得することができる。

【0085】

この発明の実施の形態においては、連続的な比較による選択統合法を用いて全焦点画像を再構成する。

従来の選択統合法では、2枚の撮像画像に対しぼけ関数を繰り返し畳み込んだぼけ画像を作成し、他方の画像との比較を行う。微小に焦点を変える顕微鏡画像の場合、2枚だけでの判定は信頼度を下げる。

【0086】

このため、対象画像の前後複数枚（例えば前後2枚の計4枚）に対し対象画像との比較を行い、判定パターン列を利用して最終的な判定を行う。例えば、図12(a)のように、複数の画像 g_{n-2} 、 g_{n-1} 、 g_n 、 g_{n+1} 、 g_{n+2} を合焦の順に配列する。画像 g_{n-2} は遠くに焦点が合っており、画像 g_{n+2} は近くに焦点が合っている。画像 g_n を注目画像とする。次に、注目画像 g_n のある部分を基準として、焦点が合っているか（合焦）／焦点が合っていないか（非合焦）を判定する。すなわち、注目画像 g_n の第1の部分、他の画像 g_{n-2} 、 g_{n-1} 、 g_{n+1} 、 g_{n+2} の対応する部分と比較して、これらが合焦／非合焦のどちらであるか判定する。合焦／非合焦は、例えば、ガウシアンフィルタのパラメータに基づき判定できる。例

えば、図 1 2 (a) に示すように「1, 1, 0, 0」のような判定パターンが生成される。ここで、0, 1 は各々対象画像を比して、より合焦／非合焦を示す。すなわち、この第 1 の部分は画像 g_{n-2} 、 g_{n-1} については非合焦であり、画像 g_{n+1} 、 g_{n+2} については合焦である。このことから注目画像 g_n の第 1 の部分は非合焦の可能性があり、むしろ画像 g_{n+1} 、 g_{n+2} において焦点が合っていると推測される。同様に、注目画像 g_n の第 2 の部分について「0, 0, 1, 1」、第 3 の部分について「0, 0, 0, 0」、第 4 の部分について「0, 0, 1, 0」、第 5 の部分について「0, 1, 0, 0」の判定パターンが得られる。

【0 0 8 7】

以上のことから明らかなように、注目画像 g_n のある部分について、全ての画像において焦点が合っていることを意味する「0, 0, 0, 0」のパターンが得られたとき、当該部分を採用すれば最も焦点が合った画像を選択することができることがわかる。

【0 0 8 8】

以上の処理を複数の画像・・・、 g_{n-2} 、 g_{n-1} 、 g_n 、 g_{n+1} 、 g_{n+2} 、・・・について行う。すると、図 1 2 (b) のようなパターン列が得られる。各パターンは、その上の画像を注目画像として図 1 2 (a) の処理を行ったときに得られたパターンを意味する。1 段目（第 1 の部分）について着目すれば、画像 g_n のパターンが「0, 0, 0, 0」でもっとも焦点が合っていることがわかるから、当該部分については画像 g_n を採用すればよい。他の画像 g_{n-2} 、 g_{n-1} 、 g_{n+1} 、 g_{n+2} のパターンは、それぞれ「0, 0, 1, 1」「0, 0, 1, 1」「0, 1, 0, 0」「1, 1, 0, 0」であり、焦点が合っていない可能性が高い。2 段目（第 2 の部分）についても同様である。3 段目（第 3 の部分）については、画像 g_{n-2} 、 g_{n-1} 、 g_n 、 g_{n+1} 、 g_{n+2} のパターンは、それぞれ「0, 0, 1, 1」「0, 0, 1, 0」「0, 1, 0, 0」「1, 1, 0, 0」「1, 1, 0, 0」であり、最も焦点が合っているパターンはない。しかし、画像 g_{n-2} 、 g_{n-1} 、 g_n 、 g_{n+1} 、 g_{n+2} 全体において比較すれば、相対的に画像 g_{n-1} 、 g_n のパターンは合焦（0）が 3 つあるので比較的焦点が合っていると見える。したがって、3 段目においては画像 g_{n-1} 又は g_n のいずれかを選択する。なお、この例の 3 段目

において画像 g_{n-1} と g_n の間において焦点が合っていると考えられる。

【 0 0 8 9 】

以上のように、図 1 2 (a) の処理を全ての画像について行い、画像ごとに図 1 2 (b) のようなパターン列を得る。そして、上述のように比較する画素においてパターン列を比較することにより、図 1 2 (b) の画像 g_{n-1} 又は g_n が最も合焦している画像であると判断する。このように、本実施の形態では全画像の比較結果のパターン列から各画素の合焦の判定を行う。この処理を用いることにより高い精度で判定を行うことができる。このための処理はさほど複雑ではなく、比較的短い時間で処理できる。

【 0 0 9 0 】

また、上述の合焦領域判定結果から、各画素の合焦画像が焦点距離の短い方から n 枚目であるという情報を奥行き情報として付与することができる。例えば、第 1 の部分を画像 g_n から採用したのであれば、第 1 の部分は画像 g_n の合焦位置にあると判定できる。第 3 の部分については、画像 g_{n-1} と g_n の中間位置にあると判定できる。なお、本実施の形態において同じ対象物に対して連続的に少しずつ焦点を移動して撮影しているところから、合焦位置は最初の焦点位置及び最後の焦点位置に基づき簡単かつ比較的正確に得ることができる。

【 0 0 9 1 】

本発明の実施の形態によれば、多数枚の顕微鏡画像を連続的に比較することにより、精度よく全焦点画像を得ることができる。また、合焦情報に基づき対象の 3 次元構造を知ることができる。

【 0 0 9 2 】

発明の実施の形態 8.

発明の実施の形態 1 において、ぼけ量 ($R1$ と $R2$) の推定を行う必要がある。ぼけの処理にはガウシアンフィルタを用いるが、このパラメータを調整することによりぼけ量を可変できる。したがって、ガウシアンフィルタのパラメータ (回数) を推定することで、ぼけ量を推定することができる。

【 0 0 9 3 】

この手順を図 1 3 を用いて説明する。このグラフは、ガウシアンフィルタの

回数と誤差の関係を示す。縦軸は、ぼけのない画像とガウシアンフィルタをかけた画像との自乗差分値であり、横軸は、ガウシアンフィルタの回数である。このグラフからわかるように、下に凸の曲線になる。この曲線は 3 次曲線で近似できる。

【 0 0 9 4 】

パラメータを 1、2、3、4 としていったとき、2 と 3 の間で極小値をとることがわかる。さらに正確なパラメータを求めるため、図 1 3 のグラフに近似する 3 次曲線を求める。次に、3 次曲線の極小値をもとめ、そのときのパラメータを求める（図 1 3 において約 2. 4）。この手順によりぼけ量を正確に推定することができる。

【 0 0 9 5 】

なお、実際には、パラメータ = 0 の近く、例えば 0. 5 についても差分値を求めておき、これも考慮して近似曲線を求めるとよい。シミュレーション結果によれば、このように設定することにより、より良い結果が得られた。

【 0 0 9 6 】

本発明は、以上の実施の形態に限定されることなく、特許請求の範囲に記載された発明の範囲内で、種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることは言うまでもない。

【 0 0 9 7 】

また、本明細書において、手段とは必ずしも物理的手段を意味するものではなく、各手段の機能が、ソフトウェアによって実現される場合も包含する。さらに、一つの手段の機能が、二つ以上の物理的手段により実現されても、若しくは、二つ以上の手段の機能が、一つの物理的手段により実現されてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明の実施の形態 1 に係る全焦点画像及び／又は任意焦点画像再構成装置の概略ブロック図を示す。

【図 2】 発明の実施の形態 1 に係る任意焦点画像 f の再構成モデルである。

【図 3】 発明の実施の形態 1 に係る再構成フィルタ K_a と K_b の周波数特

性である。

【図 4】 発明の実施の形態 2 に係るブロック単位で輝度補正の説明図である。

【図 5】 発明の実施の形態 3 に係る階層的マッチング方法による複数の焦点画像間の位置合わせ手順のフローチャート及び説明図である。

【図 6】 発明の実施の形態 4 に係る輝度投影法による複数の焦点画像間の位置合わせ装置のブロック図である。

【図 7】 発明の実施の形態 4 に係る輝度投影法による複数の焦点画像間の位置合わせの説明である。

【図 8】 発明の実施の形態 5 に係る特殊効果のためのフィルタを備える全焦点画像及び／又は任意焦点画像再構成装置の概略ブロック図を示す。

【図 9】 発明の実施の形態 6 に係るデジタルカメラの概略ブロック図である。

【図 1 0】 発明の実施の形態 6 に係るデジタルカメラの動作説明図である。

【図 1 1】 発明の実施の形態 6 に係るデジタルカメラの動作フローチャートである。

【図 1 2】 発明の実施の形態 7 に係る多数の画像に基づく全焦点画像の生成方法の説明図である。

【図 1 3】 発明の実施の形態 8 に係るぼけ量推定の説明図である。

【符号の説明】

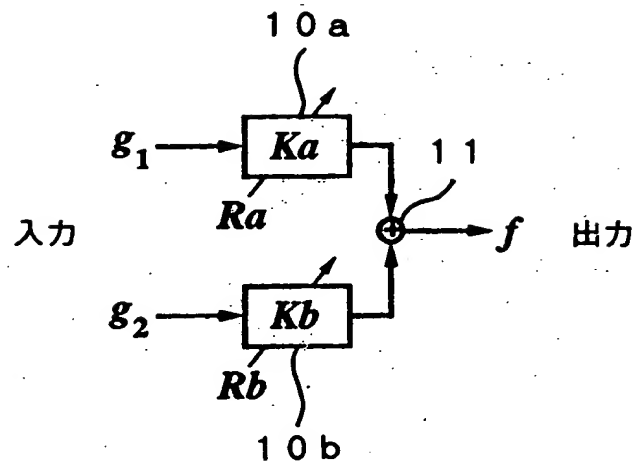
- 1 0 画像再構成のためのフィルタ
- 1 1 合成部
- 1 2 特殊効果用フィルタ
- 1 3 直交座標－極座標変換部
- 1 4 極座標－直交座標変換部
- 2 0 各行・各列の平均輝度値計算部
- 2 1 輝度投影分布作成部
- 2 2 比較部

- 2 3 拡大・並進推定部
- 3 0 レンズ
- 3 1 C C D
- 3 2 処理部
- 3 3 ビューワ
- 3 4 焦点指定部
- 3 5 メモリ
- 3 6 焦点調整機構

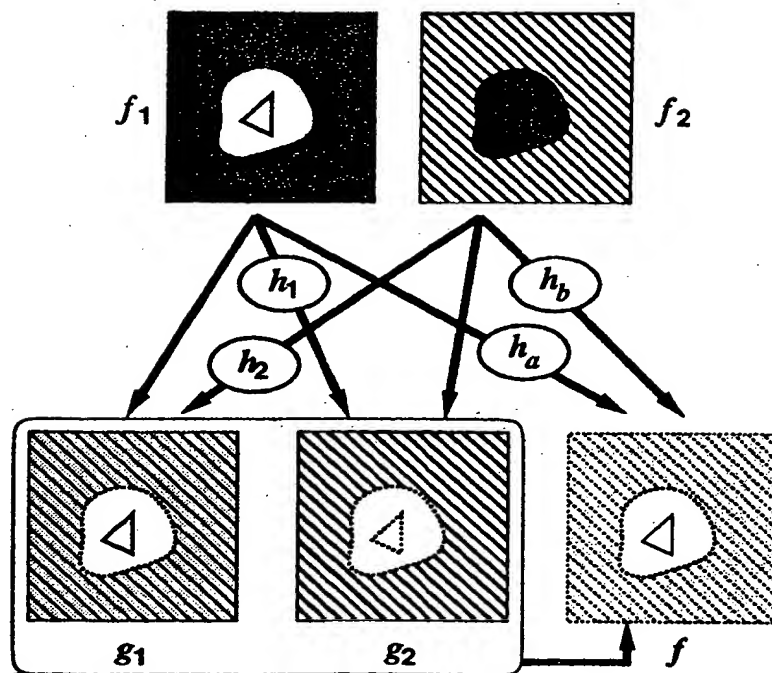
【書類名】

図面

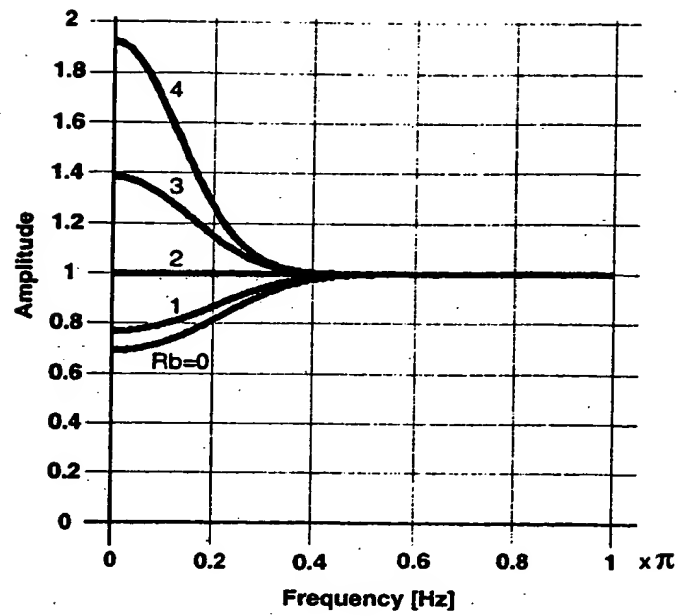
【図 1】



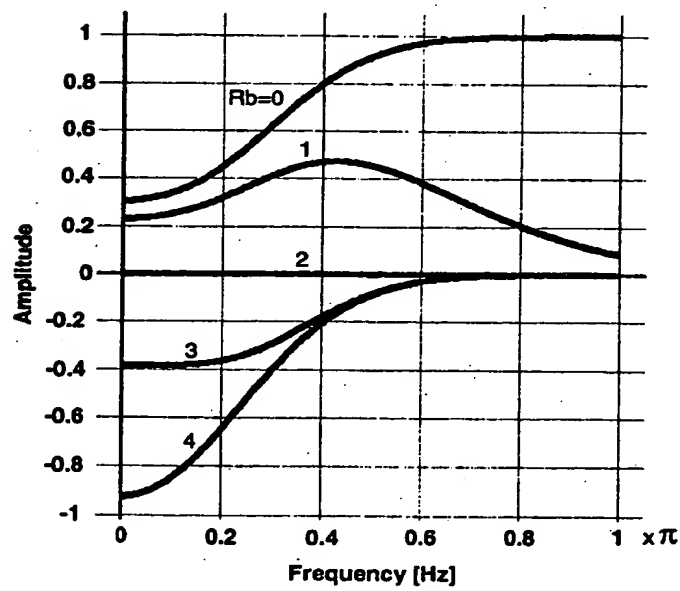
【図 2】



【図 3】

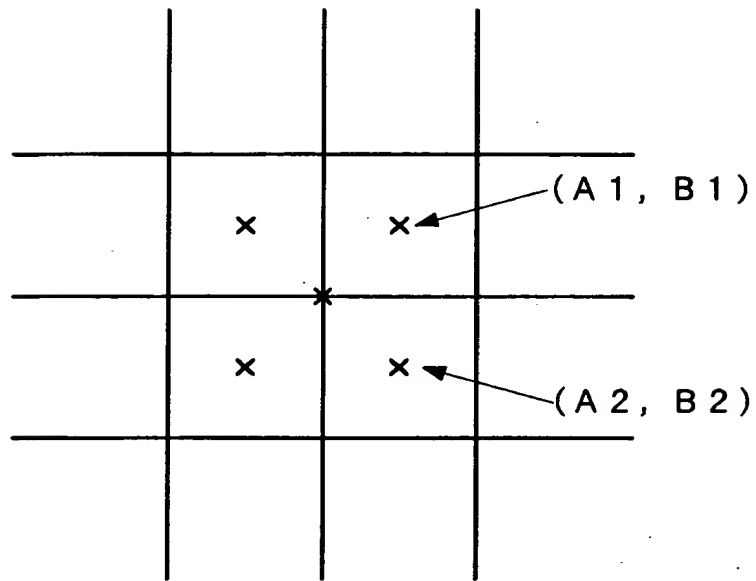


(a) K_a

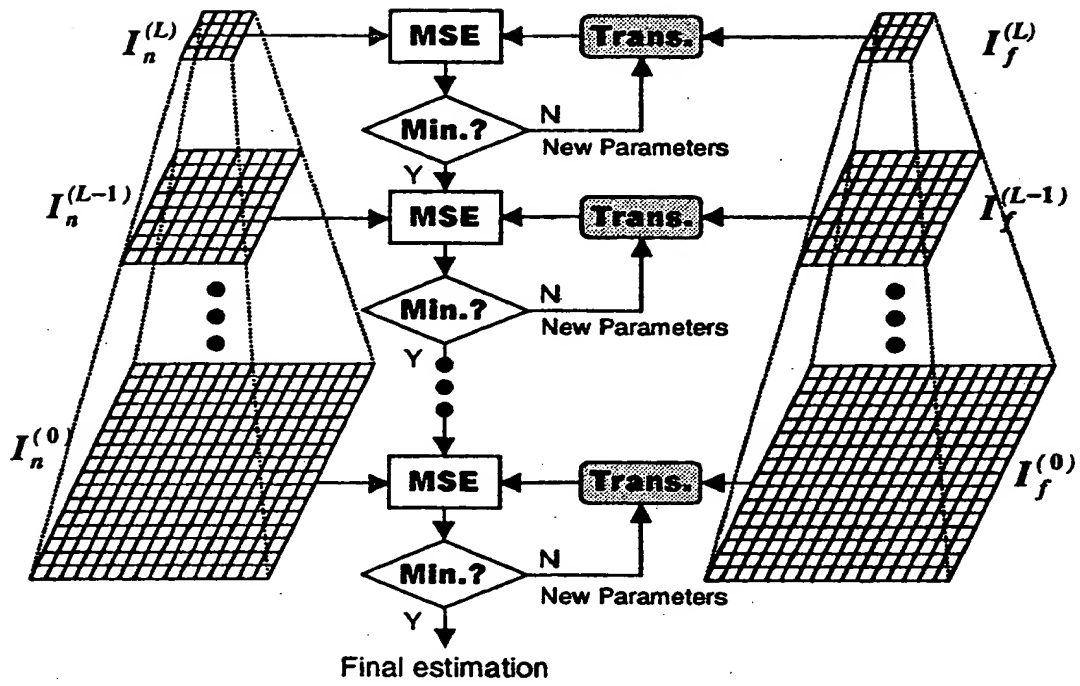


(b) K_b

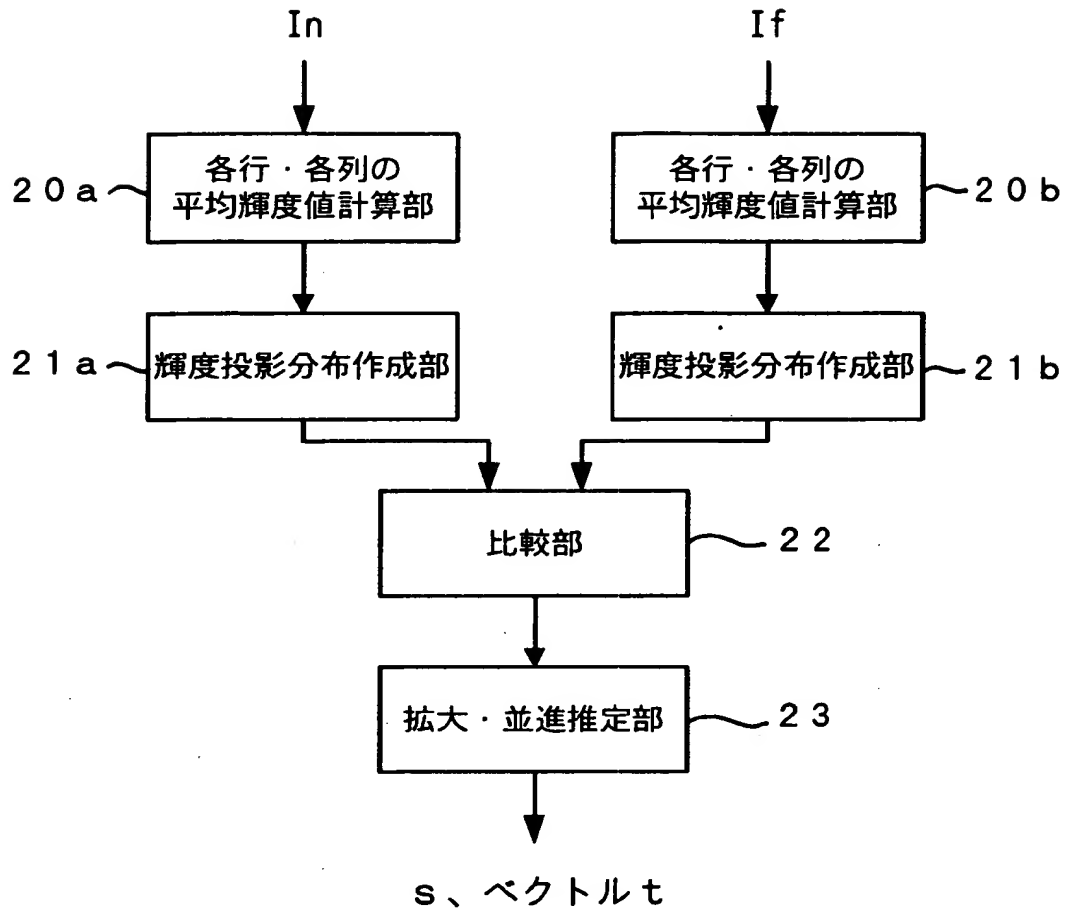
【图 4】



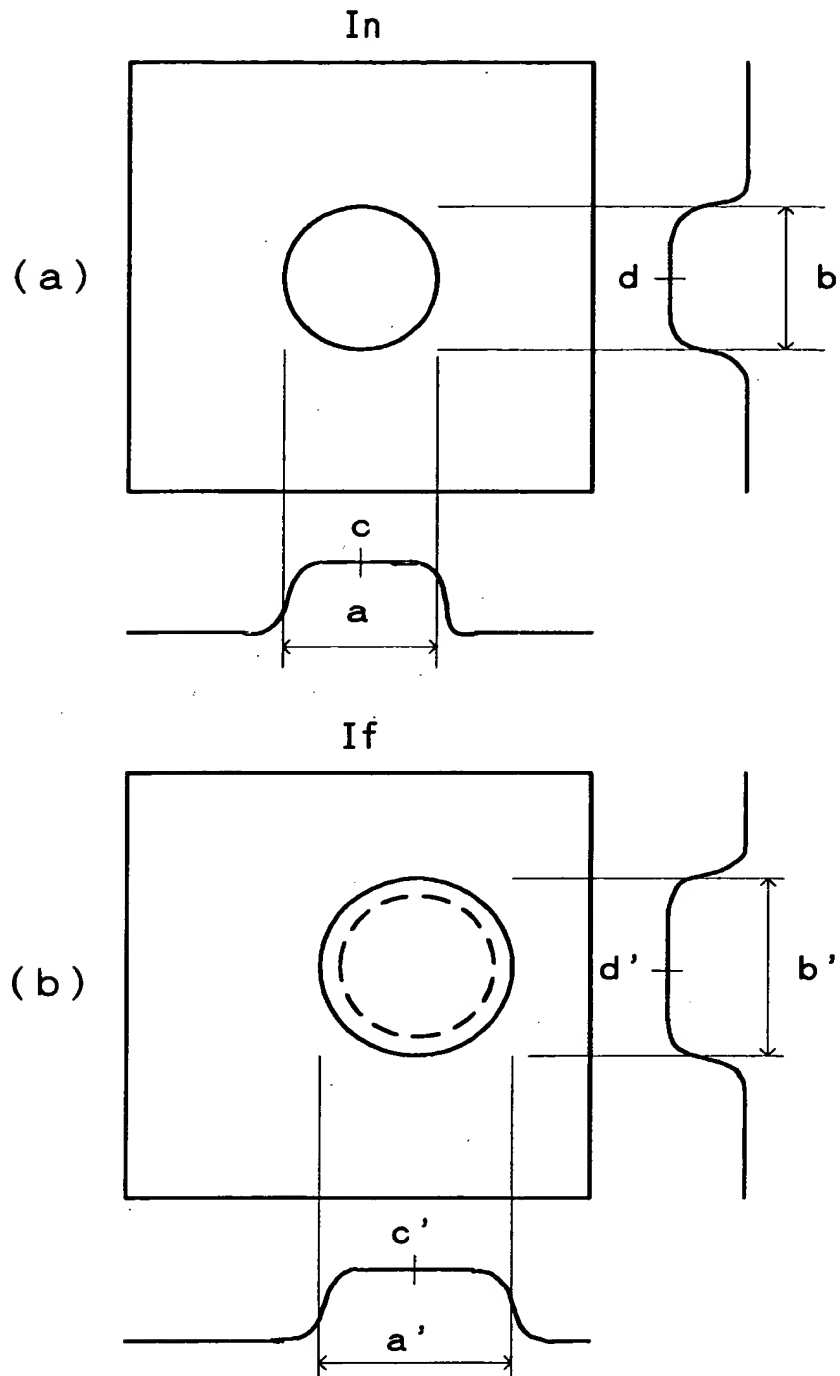
【図 5】



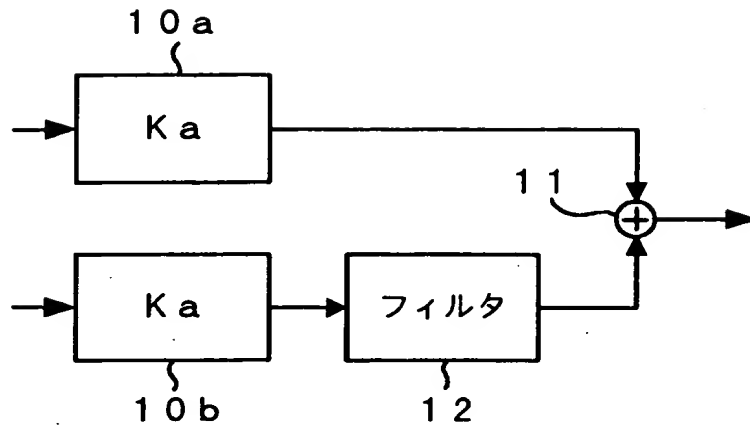
【図 6】



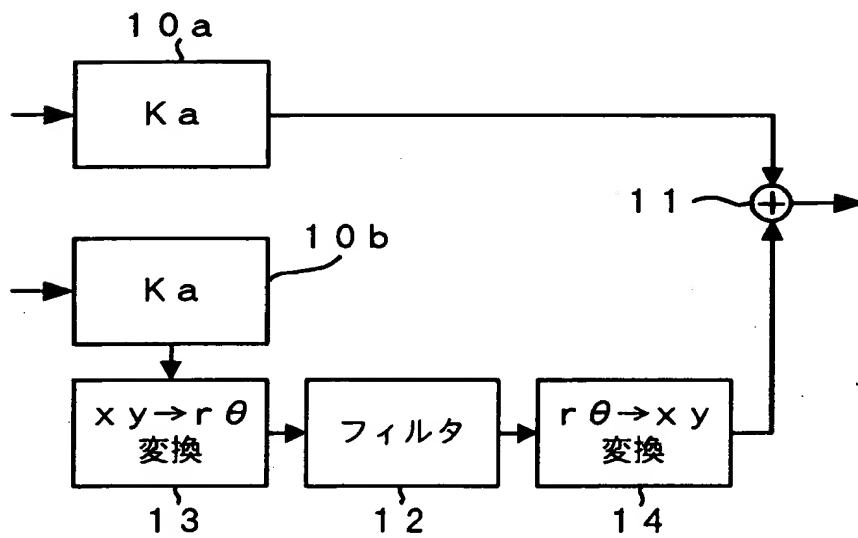
【図 7】



【図 8】

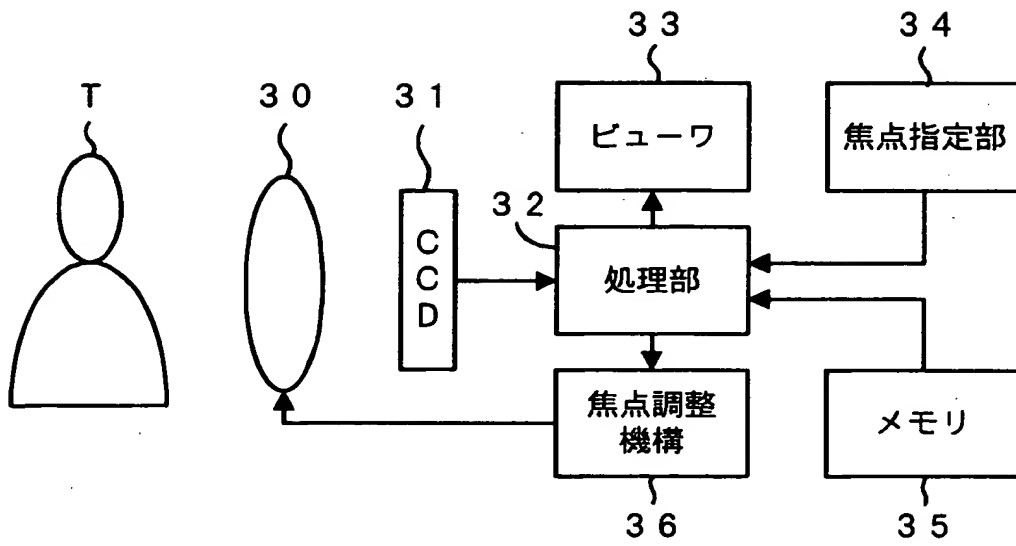


(a)

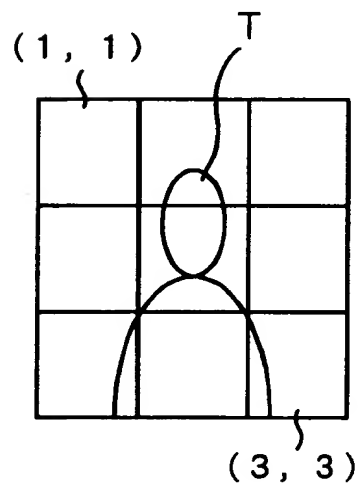


(b)

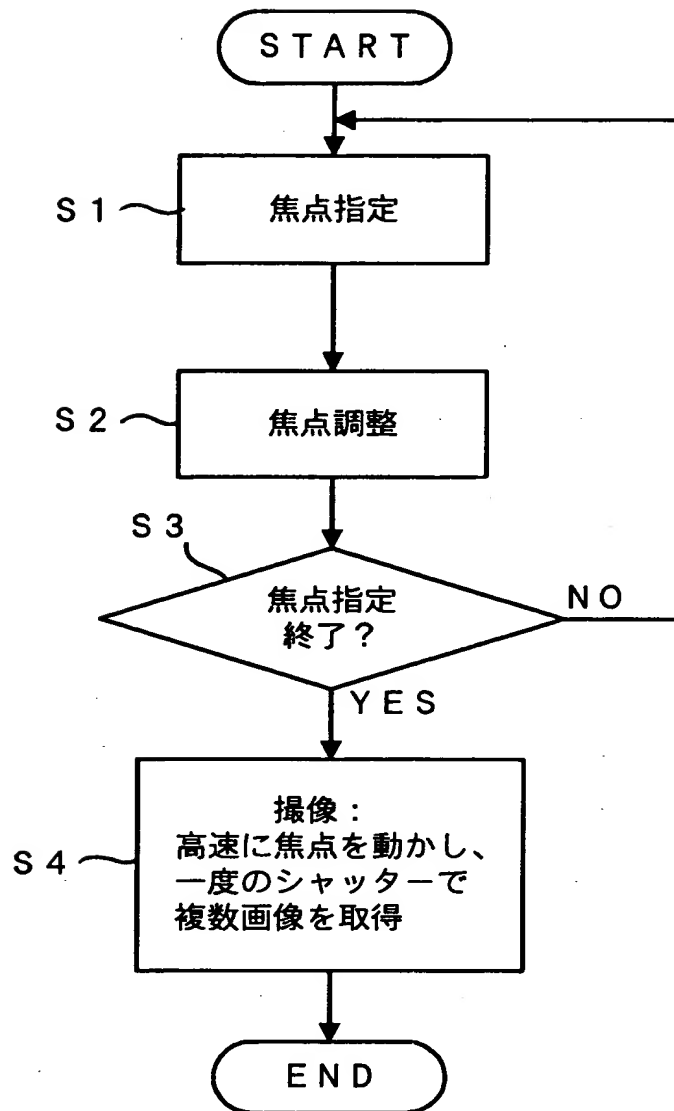
【図 9】



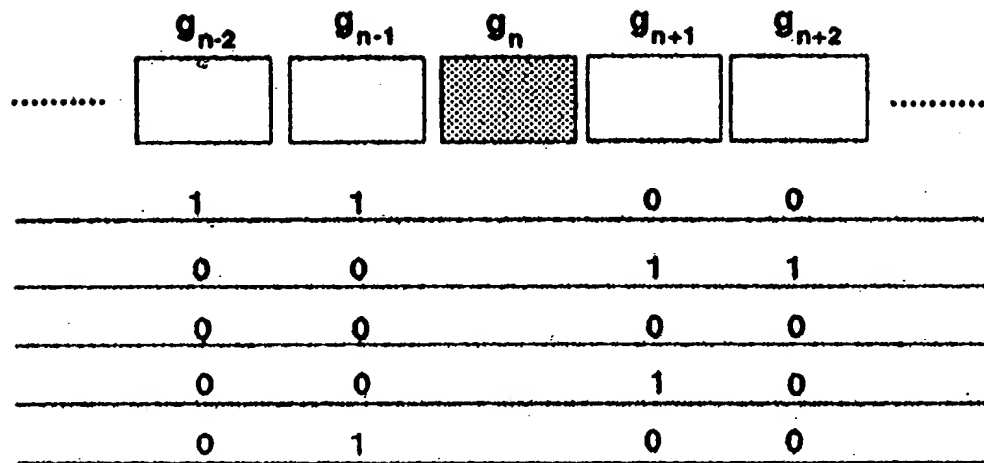
【図 1 0】



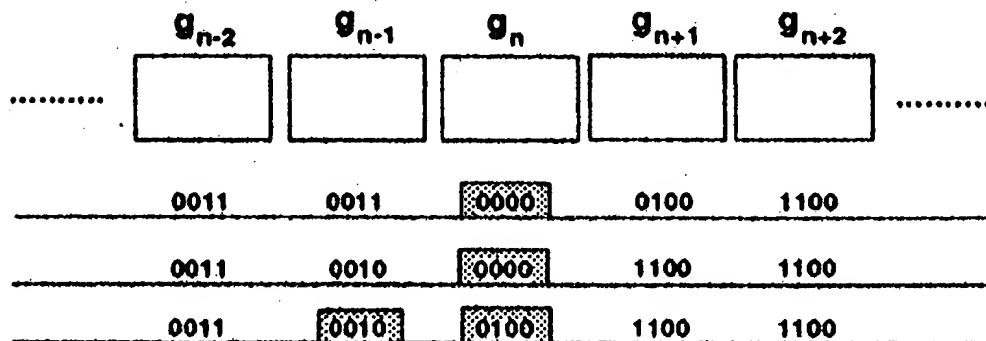
【図 11】



【図 1 2】

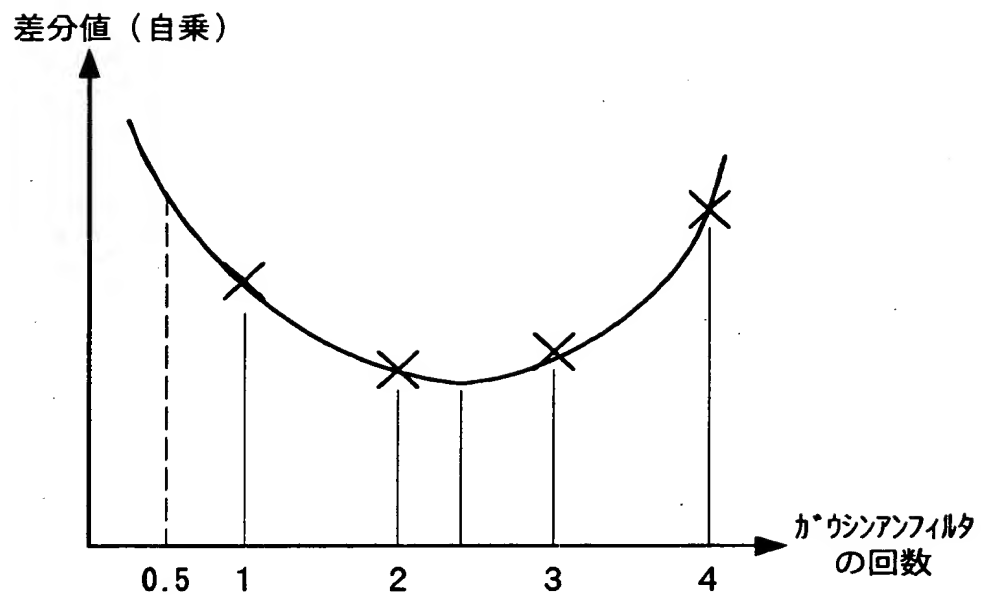


(a) (g_n : 注目画像)



(b) (パターン列の比較の例)

【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 異なる焦点合わせの複数画像から任意に各奥行きのあるぼけの程度を抑制・強調した画像である任意焦点画像を再構成するための装置を提供する。

【解決手段】 外部から入力される第1のぼけパラメータに基づき第1の部分に焦点が合っている第1画像を変換する第1のフィルタと、外部から入力される第2のぼけパラメータに基づき第2の部分に焦点が合っている第2画像を変換する第2のフィルタと、前記第1のフィルタの出力及び前記第2のフィルタの出力を合成して任意焦点画像を生成する合成部と、前記第1画像と前記第2画像の輝度が同程度になるように、画像のブロック単位で輝度補正を行い、輝度補正後の画像を前記第1のフィルタと前記第2のフィルタに供給する輝度補正部とを備える。

【選択図】 図1

特 2 0 0 0 - 0 2 8 4 3 6

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 0 2 8 4 3 6
受付番号	5 0 0 0 0 1 2 9 3 7 3
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0 0 9 2
作成日	平成 1 2 年 2 月 1 7 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成 12 年 2 月 4 日

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [500051317]

1. 変更年月日 2000年 2月 4日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都文京区千石3-14-5-303

氏 名 相澤 清晴